

鉄ニクタイト超伝導体 $R\text{FeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ の輸送現象

Transport Properties of Iron Pnictide Superconductor

$R\text{FeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$

竹森章¹, 西城理志¹, 鈴木真之佑¹, 宮坂茂樹^{1,2}, 田島節子^{1,2},
中尾朗子³, 中尾裕則³, 熊井玲児^{2,3}, 村上洋一³

1 阪大院理, 2 JST-TRIP, 3 KEK 物構研 PF/CMRC

近年発見された鉄系超伝導体は最高で55Kという高い超伝導転移温度(T_c)を示すことで注目を集めている。この物質系では T_c と結晶構造、特に Fe - 2次元面からのニクトゲンの距離(h_{Pn})、もしくは Pn - Fe - Pn 結合角(α) との相関が報告されている。一方理論研究からは、超伝導機構への反強磁性揺らぎの関与が示唆されており、その際には h_{Pn} が重要なパラメーターになると主張されている。

本研究では価数の同じ P と As を連続固溶させ、結晶構造を大きく変化させた $R\text{FeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ の系を研究対象とした。この P/As 固溶系を研究することで、 T_c と結晶構造の相関の背景にある物理を輸送現象の観点から解明することを目的とした。この系ではフッ素濃度 y によりキャリア濃度が決定される。まず始めに $y = 0.1$ の組成で R を T_c の異なる La, Pr, Nd と変えた際の固溶効果を、次に $R = \text{Nd}$ において $y = 0.05, 0.1, 0.15$ とキャリア濃度を変えた際の固溶効果をそれぞれ調べた。

結晶構造の精密測定を行うために、KEK PF BL-8A を使用して放射光 X 線回折実験を行ったところ、 $x = 0$ (FeP) から $x = 1.0$ (FeAs) にかけて格子定数は線形に増加するという結果が得られた。一方 T_c は $x < 0.6$ の領域では As 濃度に従って単調に増加したのに対し、 $x > 0.6$ では R や F 濃度ごとに組成依存性が異なり、P 側と As 側で T_c を決定する要因が異なることを明らかにした。また常伝導状態における電気抵抗率の温度依存性に関しても、 $x = 0$ では T^2 に比例したのに対し、 $x = 0.6$ まで x の増加に従って徐々に T -linear へ変化していき、それ以上の組成では R によって異なる組成依存性が見られた。

上記の非線形な組成依存性から、FeP 系と FeAs 系の輸送特性の違いは単純な結晶構造の変化に起因するわけではないと考えられる。とりわけ $x < 0.6$ の結果ではフェルミ液体的な状態から反強磁性揺らぎが大きい状態への変化が示唆され、これが T_c の上昇に影響を与えていると考えられる。また Hall 効果の測定では $x = 0.6$ 付近で Hall 係数の絶対値の増大と強い温度依存性が観測され、フェルミ面の変化が起きていることが示唆された。FeP 系と FeAs 系ではバンド計算およびいくつかの実験により、フェルミ面の形状や超伝導ギャップの対称性が異なることが指摘されており、今回我々は FeP 系から FeAs 系のフェルミ面へのクロスオーバーを $x > 0.6$ の領域で観測したと考えられる。